

A Utilização Das Redes Neurais Artificiais Para Avaliação Do Índice De Desempenho Da Logística Interna

Orlem Pinheiro De Lima¹; Daniel Knebel Baggio²;

Wlademir Leite Correia Filho³

(Professor Adjunto Da Escola Superior De Ciências Sociais /Universidade Do Estado Do Amazonas, Brasil)¹

(Professor Doutor E Orientador De Pós-Doutorado Da Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Brasil)²

(Professor Adjunto Da Escola Superior De Ciências Sociais /Universidade Do Estado Do Amazonas, Brasil)³

Resumo

Objetivo: Este estudo investiga o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs) na análise do desempenho da logística interna, comparando seu desempenho com métodos convencionais. O trabalho busca descrever os dados logísticos, identificar fatores que afetam a eficiência e examinar como as RNAs podem otimizar processos em cenários logísticos complexos. Além disso, avalia-se o impacto das RNAs na gestão de estoques e no fluxo de materiais.

Originalidade/Valor: O estudo se destaca demonstrando que as RNAs superam as abordagens tradicionais, oferecendo soluções mais precisas e adaptáveis. Ele preenche lacunas nas avaliações logísticas tradicionais, que frequentemente sofrem com a subjetividade, apresentando um modelo dinâmico que se ajusta aos dados em tempo real. A aplicação prática desta tecnologia promove maior eficiência operacional e redução de custos nas atividades logísticas internas.

Design/Metodologia/Abordagem: Foi realizada uma análise comparativa entre métodos tradicionais e um modelo de rede neural do tipo feedforward, implementado no MATLAB, para avaliar a logística interna de três empresas. O treinamento da RNA foi feito com dados reais, utilizando o algoritmo de retropropagação para minimizar os erros.

Resultados: As Redes Neurais Artificiais mostraram maior eficácia em termos de precisão e flexibilidade quando comparadas aos métodos tradicionais, resultando em uma redução significativa nas margens de erro durante a avaliação do desempenho logístico.

Contribuição/Implicação: A principal contribuição deste estudo está na utilização de RNAs para aprimorar a avaliação da logística interna, superando as limitações dos métodos convencionais. As RNAs permitem que as empresas ajustem seus processos rapidamente, com base em previsões precisas, promovendo agilidade e eficiência.

Palavras-chave: logística interna; redes neurais artificiais; medição de desempenho; empresas industriais; MATLAB.

Date of Submission: 07-12-2024

Date of Acceptance: 17-12-2024

I. Introdução

As atividades, da logística interna, são necessárias e vitais para o funcionamento de qualquer empresa, independentemente do ramo da economia que ela pertença. A principal tarefa dos sistemas de logística interna é muitas vezes para fornecer os suprimentos necessários para os processos de valor acrescentado de uma empresa. Uma falha no fluxo de material pode resultar em tempo de inatividade, demonstrando a importância de um sistema que funcione bem de logística interna (Hou et al, 2015).

Apesar da importância da logística interna, que ainda não foi completamente compreendida, especialmente na indústria de transformação. (Dotoli M., Fanti M., And Jacobellis, 2014, Ding L Q., Li Y Z., Liu Y., Jin Y, 2014). No entanto, constitui uma grande parte dos custos totais para as empresas (Tracy A., Shirley S., Ismarians B. Abang F, 2015); os custos médios da logística representam entre 10% e 30% do volume de vendas de uma empresa típica (Hart, M.; Taraba, P.; Tomastik, M, 2014). As atividades da logística em geral e em particular a interna, são frequentemente caracterizadas por muita manipulação manual; portanto, elas têm um alto grau de utilização de emprego, que afeta fortemente os custos destas operações.

Para Papachristos e Adamides (2014) a logística interna é a parte da logística que inclui todos os fluxos físicos, movimentos e operações de apoio que são executadas dentro do armazém ou unidade industrial, tais como: recebimento de material (matéria-prima, embalagem etc.), armazenagem, expedição de produto acabado, abastecimento de linha de produção, coleta de produto acabado, paletização, etiquetagem etc.

As empresas buscam, sistematicamente, forma de melhoria e otimização dos processos logísticos internos, objetivando eliminar todas as tarefas que não aumentam o valor agregado ao produto.

É muito importante que uma empresa tenha claramente identificados e definidos os seus fluxos internos da logística, com base em estudos, observações, pesquisas de campo, entrevistas etc., verifica-se a necessidade de melhoria contínua dos processos internos.

Para Henry *et al* (2014) a busca por competitividade de produtos e serviços estão em um processo contínuo de crescimento, portanto, as empresas tendem a manter estoque mínimo de seus produtos, com o objetivo de melhorar o nível de serviços, porque ter um inventário elevado torna-se uma desvantagem pois, eleva-se os custos internos. Muitos testes para descobrir e bom atendimento ao cliente.

A movimentação interna de materiais e recursos dentro das unidades de produção é uma atividade complexa e crucial para a competitividade de uma empresa (Waller e Fawcett, 2014). Quando executado corretamente, a logística interna de uma empresa garante a redução de estoques e uma utilização eficiente de trabalho, reduzindo o número de recursos necessários para a execução das tarefas de transporte que não agregam valor.

Para Boysen *et al* (2015), alcançar um bom desempenho da logística interna é determinante na redução dos custos, quer seja na manutenção de equipamentos, estoques, recursos humanos, disponibilidade e ou aumentando a produtividade para assegurar a disponibilidade dos recursos no momento certo e na quantidade adequada.

II. Revisão Da Literatura

Vários autores afirmam que um sistema de logística interno bem concebido e corretamente utilizado aumenta a eficiência de uma organização (Mathisson-Ojmertz e Johansson,2000). O projeto do sistema de logística interna é, portanto, um aspecto que influencia fortemente a competitividade do sistema e está relacionado com o objetivo deste artigo que lida com aspectos importantes na concepção de um sistema de logística e possíveis formas de melhorar os sistemas existentes. Para resumir, há vários aspectos de desempenho logístico que, entre outros referem-se a entrega, qualidade, robustez, informação, custo e serviço ao cliente. Mas é também importante considerar que é a combinação de alta eficiência e eficácia que conduz a alta performance (Stock et al. 1998). Como apontado por Jonsson (2008), realizando atividades logísticas eficientes por si só não são suficientes. Para criar competitividade para a empresa, é essencial que o tipo certo de atividades logísticas seja priorizado e realizado as variáveis de desempenho certas. No entanto, como discutido por Finnsgård (2009), há uma falta de formas padronizadas de lidar com as exigências de logística interna que influencia no desempenho logístico total. Em geral, os gestores da logística estão tentando usar as medições para se ajudar a projetar e gerenciar sistemas de logísticas mais eficientes e eficazes para o cliente (Fawcett e Cooper, 1998). Identificar o valor da logística interna e os seus critérios de desempenho críticos pode ser uma maneira de ajudar a este desenvolvimento

Segundo Lima, (2017) A Logística Interna é o planejamento, a execução e o controle do fluxo físico e de informações internas da empresa, abrangendo as partes componentes: Recebimento, Armazenagem, Gestão de Estoques, Abastecimento, Transportes Internos, Movimentação, Picking (processo de separação de pedidos, insumos ou produtos), Packing (processo de embalagem), PCM, PCP, WIP (work in process – material em processamento), Processamento de Pedidos e T.I – Tecnologia de informação, objetivando entregar os produtos ou serviços certos no prazo acordado, agregando valor às partes interessadas, utilizando os recursos de forma racional e sempre em busca da melhoria contínua.

O projeto principal de um novo sistema de logística interna é feito e decidido durante a construção ou planejamento de uma nova instalação. No entanto, as melhorias no sistema e sua concepção são (ou, pelo menos, devem ser) um processo contínuo. Uma parte importante da gestão da cadeia de fornecimento é melhorar a cadeia de abastecimento e todos os seus componentes e atividades. A logística e os sistemas de logística interna estão incluídos nesta categoria (Tangen, 2004; Tan, 2007). Como em muitas outras áreas, há uma necessidade na área de logística de melhorar e desenvolver constantemente as operações, a fim de manter ou melhorar a competitividade. O objetivo é alcançar uma vantagem competitiva, tanto através da redução de custos e ampliação dos serviços (Christopher, 2005).

Projetar e melhorar o sistema de logística interna envolve a tomada de decisões em diferentes níveis, tais como os níveis estratégico, tático e operacional. Como tal, envolve planejamento de longo prazo (estratégico) e aspectos de planejamento e controle (gestão), de curto e médio prazo (Harrison e Van Hoek, 2008). Um sistema de logística interna que funcione bem exige um envolvimento e um entendimento do sistema em todos os níveis. Os profissionais de logística devem estar capacitados com a experiência necessária em funções essenciais e críticas para a sua própria empresa e entender completamente como elas afetam toda a cadeia de valor (Tan, 2007). As cadeias de suprimento são confrontadas com a situação em que elas têm que aceitar a incerteza, mas precisa desenvolver uma estratégia que lhes permita ainda ajustar a oferta à demanda (Christopher e Towill, 2001).

Para Moura (1998), a Logística Interna trata de todo o gerenciamento do processo interno de abastecimento, armazenamento, transporte e distribuição das mercadorias dentro da organização, ou seja, para

atender suas demandas internas como o apoio à manufatura. De acordo com Bowersox & Closs (2001), o ciclo de atividades de apoio à manufatura está diretamente relacionado à logística interna, isto é, ao planejamento e controle da produção. Dessa forma, o apoio logístico à produção objetiva principalmente estabelecer e manter um fluxo econômico e ordenado de materiais, bem como de estoques em processo com a finalidade de cumprir as programações do setor de produção. A logística de apoio à produção tem como responsabilidade operacional as seguintes atividades: movimentação e armazenagem dos produtos, materiais, componentes e peças semiacabadas. Com as mudanças no ambiente de negócios, os conceitos de serviço de logística evoluíram e vários valores foram agregados nas tarefas de logística operacional, tais como embalagens, gestão de inventário de terceiros, código de barras, e sistemas de informação (Mentzer, Flint e Hult, 2001, p. 83). Estas tarefas de logística operacional foram consideradas, e chamadas como "logística interna", e estas atividades devem "interagir com outras áreas funcionais" (Stock *et al.*, 1998, p. 46).

Conceição et al. (2004) fizeram uma avaliação do desempenho logístico de quatro elos da cadeia de suprimentos de refrigerantes do Brasil (fornecedores de embalagens de refrigerantes, indústria de refrigerantes, atacadistas e supermercados), com base em uma pesquisa eletrônica de 54 empresas, das quais uma taxa de resposta de 40% foi obtida. As respostas foram analisadas com base na teoria de gestão da cadeia de abastecimento, foram aplicados os testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis e uma análise descritiva dos dados. As empresas avaliaram o desempenho logístico da cadeia com base em indicadores selecionados a partir de uma revisão da literatura, e identificado o percentual de uso desses indicadores. Verificou-se que os elos da cadeia de refrigerantes utilizam indicadores de desempenho da logística interna mais do que os indicadores logísticos externos. (Conceição; Quintão 2004). A logística Interna envolve, assim, atividades de logística dentro dos muros de uma organização, por exemplo transportes internos, manuseio de materiais, armazenagem e embalagem (Jonsson, 2008).

Uma perspectiva interna do sistema de logística é, de acordo com Jonsson (2008), limitada a uma cadeia de suprimento interna, com o objetivo de criar eficiência e minimizando a sub otimização dentro da empresa como um todo. Além disso, os fornecedores e os clientes são componentes externos no ambiente do sistema de logística interna uma vez que podem influenciar o sistema de logística, mas não pode controlá-lo. O sistema interno baseia-se em condições internas e metas que ditam como os recursos do sistema são utilizados.

Outros estudos mais recentes apontam que a logística interna vem sendo o elo de tentativa para de organização e otimização das atividades internas com o objetivo de redução de custos para as organizações em diferentes segmentos. No entanto, as questões organizacionais como a falta de conhecimento de uma visão estratégica se tornam dificuldades e precisam ser tratadas. Os autores concluem que a transferência de conhecimento e a tecnologia utilizada na indústria de fabricação poderiam ser de grande benefício. (Granlund e Wiktorsson, 2013).

De acordo com Christopher e Towill (2001), o consumidor final, em última instância determina o sucesso ou fracasso das cadeias de abastecimento. Assim, uma parte importante do desempenho da logística está ligado ao atendimento ao cliente e ser capaz de responder às suas necessidades e requisitos. Quando se trata de logística interna como sistema, tanto, o cliente como o provedor do serviço é alguém da própria organização. Assim ao ver a logística interna como um sistema, tanto o prestador de serviços e o cliente são a mesma empresa. Como tal, as necessidades e exigências do cliente podem ser traduzido para os objetivos internos. Portanto, o desempenho da logística interna está sob o controle da empresa, e pode fornecer uma indicação mais direta dos efeitos da relação entre a estratégia, estrutura e logística (Stock et al., 1998).

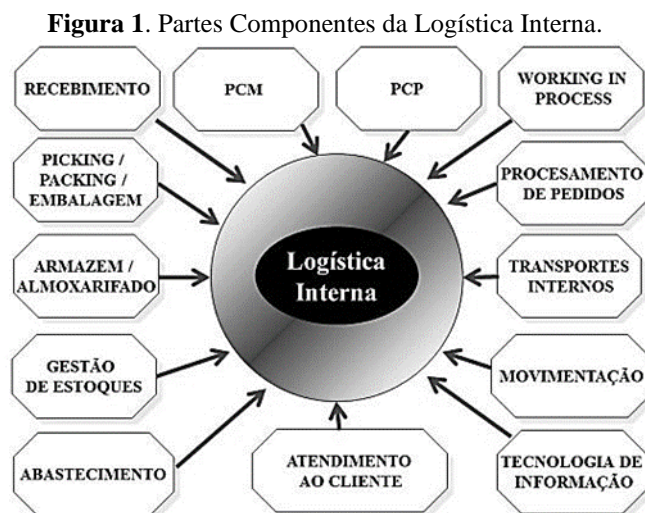
Diante desta abordagem sobre a logística interna, percebeu-se a lacuna existente tanto na teoria quanto na prática. Muitas discussões no campo teórico geral da logística, mas, pouco destaque às atividades das partes componentes da logística interna. As empresas precisam de apoio com ferramentas, modelos e ou métodos que possibilitem identificar, organizar e auxiliar na definição e forma de analisá-las, fica patente nas arguições mencionados acima sobre a carência de estudo na referida área. Portanto, o objetivo deste artigo é oferecer uma forma de avaliação do desempenho da logística interna por meio de suas partes componentes utilizando Redes Neurais.

III. Metodologia

Abordagem desenvolvida para avaliar as partes componentes da logística interna.

Com base nas leituras anteriores sobre a escassez do assunto em epígrafe e observação nas publicações sobre as partes componentes da logística interna, foi possível identificar 15 partes componentes por meio dos artigos científicos e encaminhados às empresas selecionadas de porte médio e grande do segmento do polo industrial de Manaus – PIM, tal decisão foi tomada por considerar que as referidas empresas deviam possuir certa forma de organização e tratamento de controle sobre as partes componentes, que posteriormente retornaram as respostas e após ajustes permaneceram 13 partes componentes, em função de duas delas terem sido aglutinadas por sugestões dos responsáveis das empresas pesquisadas e profissionais de logística para tentar se obter o maior

nível de padronização possível. A Figura 1 mostra estas partes. A partir deste quadro pode-se observar que existem componentes que têm a ver com o fluxo físico e outro com o fluxo de informações.



Fonte: PINHEIRO DE LIMA, Orlem *et al.* (2017).

Cada parte do componente da figura acima é avaliada por 10 propriedades pertinentes e que refletem o comportamento do respectivo componente formativo quanto ao seu desempenho, respaldado pela escala Likert de 1 a 5, onde 1 significa pouca ou nenhuma aderência e 5 total aderência entre a pergunta versus a prática, cada parte componente poderá atingir no máximo 50 pontos que é a resultante das 10 propriedades x 5 pontos para cada uma delas, e um total de 130 perguntas, resultado das 13 partes componentes com 10 perguntas de cada uma delas.

Caracterização do Problema

A ideia consiste no desenvolvimento de uma equação matemática e método desenvolvido que analisará as partes componentes da logística interna conforme Figura 1, e apresentará uma forma de avaliação do desempenho Geral da Logística Interna que será apresentado com a abordagem das Redes Neurais observando os resultados e destacando a importância do método. A continuação é oferecida as explicações de cada uma das abordagens.

Rede Neural Artificial

As Redes Neurais Artificiais (RNA) têm emergido como uma das tecnologias mais promissoras no campo da inteligência artificial, especialmente para a resolução de problemas complexos em diversas áreas. No contexto da logística interna, as RNAs oferecem soluções inovadoras para otimização de processos, previsão de demanda, gerenciamento de estoques, e outras atividades cruciais que garantem eficiência operacional (He, 2022; Zhang *et al.*, 2023).

Uma RNA é um modelo computacional inspirado no funcionamento do cérebro humano, capaz de aprender com dados e melhorar seu desempenho ao longo do tempo. Ela é composta por camadas de neurônios artificiais, onde cada neurônio realiza cálculos simples e transmite os resultados para os neurônios das camadas subsequentes. A aprendizagem ocorre através do ajuste dos pesos das conexões entre os neurônios, de modo que a rede possa produzir saídas desejadas a partir de entradas específicas (Goodfellow *et al.*, 2016).

Atualmente vem ampliando a utilização e aplicação das RNAs na Logística Interna, onde, podemos destacar:

1. Previsão de Demanda: A capacidade das RNAs de identificar padrões complexos nos dados históricos as torna extremamente eficazes para prever a demanda de produtos. Isso permite que as empresas ajustem seus níveis de estoque de maneira precisa, minimizando custos de armazenagem e evitando rupturas de estoque (Wang & Zhao, 2021).
2. Otimização de Rotas Internas: As RNAs podem ser usadas para otimizar as rotas de movimentação de materiais dentro de um armazém ou fábrica. Elas podem aprender a partir de dados históricos de movimentação e encontrar rotas que minimizem o tempo e o custo, enquanto maximizam a eficiência (Li *et al.*, 2022).
3. Gestão de Estoques: A aplicação de RNAs no gerenciamento de estoques permite a otimização dos níveis de inventário em tempo real, ajustando-se automaticamente com base na previsão de demanda e nas variáveis operacionais, o que resulta em uma operação mais enxuta e eficiente (Xu & Sun, 2023).

4. Manutenção Preditiva: No âmbito da logística interna, as RNAs também são utilizadas para prever falhas em equipamentos críticos. Analisando dados sensoriais e históricos de manutenção, elas podem prever quando uma falha é provável, permitindo a realização de manutenções preventivas que evitam interrupções no processo logístico (Kim & Kang, 2020).

As RNAs oferecem várias vantagens, como a capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões não lineares e se adaptar a mudanças no ambiente operacional. Contudo, sua implementação também apresenta desafios, como a necessidade de grandes volumes de dados para treinamento, a complexidade no ajuste de hiperparâmetros e a interpretação dos resultados (Hinton, 2018; LeCun et al., 2019).

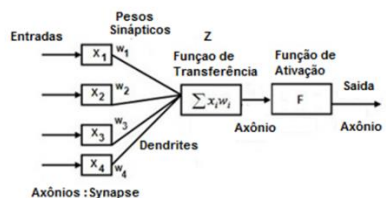
Recentes estudos demonstram a eficácia das RNAs na logística interna. Por exemplo, Zhang et al. (2023) implementaram uma RNA para otimizar a gestão de inventário em uma grande empresa de manufatura, resultando em uma redução de 15% nos custos de armazenagem. Outro estudo realizado por Li et al. (2022) evidenciou como a utilização de RNAs para otimização de rotas internas em um armazém resultou em uma melhoria de 20% na eficiência do fluxo de materiais.

O uso de Redes Neurais Artificiais na logística interna é uma abordagem promissora para aumentar a eficiência e reduzir custos operacionais. Com a crescente complexidade dos processos logísticos e a disponibilidade de grandes volumes de dados, as RNAs se posicionam como uma ferramenta essencial para empresas que buscam excelência operacional.

Neste estudo específico pretende-se aplicar a RNAs para avaliar o índice de desempenho da logística interna, nos passos a seguir, será apresentado o caminho percorrido para a devida análise.

As Redes Neurais Artificiais (RNA) é uma área da ciência da computação que emula a função cerebral e treinando-as, permite que "de certa maneira" os computadores possam pensar. As RNA podem ser treinadas e elas são capazes de acumular experiência e fazer generalizações com base em seu conhecimento prévio. Um neurônio artificial atua da mesma forma como um neurônio biológico. O neurônio artificial recebe vários sinais de entrada (X), calcula uma média ponderada destes sinais (Z), e quando esta média é aplicada a uma função de ativação (F) se produz um sinal de saída (Y), conforme demonstra a Figura 2. (Trippi e Turban, 1993).

Figura 2. Estrutura da Rede Neural Artificial



Fonte: Autores.

Conjunto de entrada x_i : Eles podem vir de fora ou de outros neurônios artificiais.

Peso sinápticos, w_i : Eles representam o grau de comunicação entre os neurônios.

Regra de propagação, $Z (x_i w_i)$: Integra a informação de diferentes neurônios artificiais e fornece o valor do potencial pós sináptico do neurônio i .

Função de ativação, F : Ela fornece o estado de ativação do neurônio i .

O Quadro 1 apresenta uma lista de algumas das funções de ativação mais utilizadas nos diferentes modelos de redes neurais artificiais.

Quadro 1. Funções de ativação da Rede Neural Artificial.

Name	Function	Variation	Graphic
Identity	$F_Z = x$	$[-\infty, +\infty]$	
Step	$F_Z = \text{sign}(x)$ $F_Z = H(x)$	$\{-1, +1\}$ $\{0, +1\}$	
Linear Threshold	$F_Z = \begin{cases} -1, & \text{if } x < -t \\ x, & \text{if } -t \leq x \leq t \\ +1, & \text{if } x > t \end{cases}$	$[-1, +1]$	
Sigmoid or Logistic	$F_Z = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ $F_Z = \text{tgh}(x)$	$[0, +1]$ $[-1, +1]$	
Gaussian	$F_Z = Ae^{-bx^2}$	$[0, +1]$	
Sinusoid	$F_Z = A \text{sen}(\omega x + \varphi)$	$[-1, +1]$	

Fonte: Adaptado de (<http://grupo.us.es/gtocom/pid/pid10/RedesNeurales.htm>).

De acordo com a Figura 2, pode ser observado que:

$$Z = \sum_{i=1}^4 x_i w_i \quad (1)$$

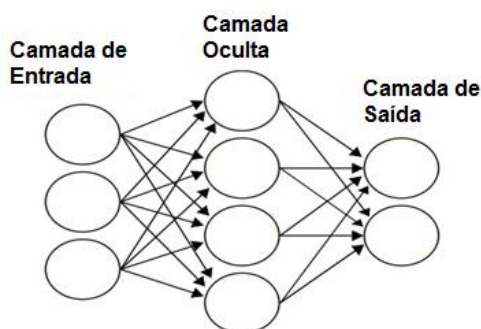
A função de ativação pode assumir muitas formas e expressões como pode ser visto na tabela acima, mas o mais utilizado na prática, é uma função logística da forma:

$$F_Z = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (2)$$

As RNAs são compostas de uma certa quantidade de neurónios artificiais dispostos em camadas, como mostrado na Figura 3.

A primeira camada é chamada camada de entrada e é o local onde a entrada para a rede ocorre, aqui nenhum cálculo é realizado. Os cálculos são realizados na camada oculta e na camada de saída. A RNA mostrada na Figura 3 é uma rede neural "feedforward", porque todas as ligações são de um modo unidirecional.

Figura 3. Feed Forward Neural Network Architecture.



Fonte: Adaptado de (<http://grupo.us.es/gtocom/pid/pid10/RedesNeuronales.htm>).

Processo de Treinamento da RNA

Formação ou aprendizagem é o processo através do qual os parâmetros de uma rede neural são adaptados por meio de uma estimulação constante a partir do ambiente no qual a rede está operando. O tipo de aprendizagem é definido pela forma como os ajustes dos parâmetros da rede é realizada (Haykin,1994).

Sem dúvida, a principal atração de redes neurais é a sua capacidade de aprendizagem, em que a rede extrai informações relevantes a partir de padrões estabelecidos, gerando sua própria representação do problema: "As redes neurais artificiais aprendem dos seus erros" (Trippi e Turban,1993).

Normalmente, o processo de aprendizagem ou treinamento da rede neural envolve três fases:

- 1- Cálculo do valor da função de saída
- 2- Comparação dos valores da função de saída com as respostas desejadas
- 3- Ajuste das ponderações ou pesos e repetição do processo.

Normalmente o processo de formação ou aprendizagem começa com pesos atribuídos arbitrariamente. A diferença entre os resultados reais, (y) e a saída desejada (d) é então calculada. Esta diferença Δ deve ter um valor mínimo e, se possível de ser reduzido a zero. O processo de reduzir a diferença é realizado através da alteração dos pesos.

Uma das questões mais importantes nas RNAs é como obter os pesos (w) correspondentes às sinapses, que estão realmente estabelecidos nos neurónios biológicos. Isto requer o estabelecimento de um processo de aprendizagem para determinar os valores dos pesos que ligam os neurónios artificiais. O processo de treinamento da RNA é dividido em três grupos de acordo com suas características (Isasi e Galvan, 2004, Yao 1999):

- Aprendizagem ou treinamento supervisionado - Um conjunto de padrões de entrada é apresentado para a rede com o resultado esperado. Os pesos são modificados em proporção com o erro que ocorre entre a saída real da rede e o resultado esperado;
- Treinamento não supervisionado - Um conjunto de padrões de entrada é apresentado à rede. Não há informações disponíveis sobre a saída esperada. O processo de treinamento, neste caso, terá que ajustar seus pesos com base na correlação entre os dados de entrada;
- Treinamento por reforço - Este tipo de aprendizagem está localizado entre os dois treinamentos precedentes. Apresenta-se à rede um conjunto de padrões de entrada, e é indicado para a rede se a saída obtida é ou não correta. No entanto, não é fornecido o valor do resultado esperado. Este tipo de aprendizagem é muito útil em casos em que não se sabe qual é a saída exata a se fornecer à rede.

Quadro 2. Formas de Treinamento das Redes Neurais Artificiais

Main Training Algorithm				
Training form	Training Rule	Architecture	Training Algorithm	Uses
Supervised	Error correction	Perceptron and Multilayer Perceptron	Perceptron, backpropagation, ADALINE, MADALINE	Pattern classification, function approximation, prediction, control.
		Elman and Jordan Recurrents	Backpropagation	Time series synthesis
	Boltzman	Recurrent	Boltzman	Pattern classification
	Competitive	Competitive	LVQ	Intraclass categorization, data compression
		ART	ARTMap	Pattern Classification, intra-class categorization
Non supervised	Error correction	Hopfield	Associative Memory training	Associative Memory
		Multilayer without feedback	Shannon projection	Data analysis
	Competitive	Competitiva	VQ	Categorization, data compression
		SOM	Kohonen SOM	Categorization, data analysis
		ART	ART1, ART2	Categorization
Reinforcement	Hebbian	Multilayer without feedback	Linear discriminant analysis	Data analysis, pattern classification
		Without feedback or competitive	Main component analysis	Data analysis, data compression

Fonte: Adaptado de (<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/DM/tema3dm.pdf>).

É necessário para treinar o RNA até que seja capaz de reconhecer padrões e regularidades nos dados, de modo que possa, em seguida, extrapolá-los com os valores desejados. O algoritmo de treinamento mais utilizado na literatura é que conhecido como “*backpropagation*” (Rojas, 2013; Goyal *et al* 2012; Jatinder *et al* 1999).

Através deste algoritmo, as ponderações são ajustadas de modo a minimizar os erros na solução de acordo com os dados de entrada e os valores esperados.

O algoritmo “*backpropagation*” foi criado em 1986 (Rumerhart, 1986), e é o método mais utilizado de treinamento de redes de “*feedforward*”. É um método de aprendizagem supervisionada de gradiente de descida; onde é possível distinguir claramente duas fases: primeiro um padrão de entrada é aplicado, que se espalha através das diferentes camadas que compõem a rede para produzir sua saída. Esta saída é comparada com a saída desejada e o erro para cada neurónio de saída é calculado. Estes erros são transmitidos para trás, a partir da camada de saída para todos os neurónios das camadas intermédias (Fritsch, 1996). Cada neurónio recebe um erro que é proporcional à sua contribuição para o erro total da rede. Com base no erro recebido, os erros dos pesos sinápticos de cada neurónio são ajustados.

Avaliação dos Pesos das partes componentes da Logística Interna por parte das Empresas

Para avaliar o peso de cada parte componente da logística interna baseado na Figura 1, foi enviado uma carta contendo um questionário para 03 empresas para analisar e atribuir um peso para cada parte componente de acordo com a sua importância em uma escala de Likert de 1-5, onde 1 foi atribuído a menos importante e cinco a parte mais importante de acordo com a peculiaridade de cada empresa e a prioridade representada pelas partes componentes para as referidas empresas. No Quadro 3 são apresentados os resultados das três empresas avaliadas.

Quadro 3. Respostas das empresas sobre o grau de importância dos pesos dos elementos da Logística Interna.

Elementos que compõem a Logística Interna	Propriedade	Peso Atribuído por cada empresa				
		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Média aritmética	Empresa 1
		Peso	Peso	Peso		
	Recebimento	4	4	4	4,00	6,45%
	Movimentação	4	4	3	3,00	6,45%
	Picking/Packing / Embalagem	5	3	3	4,00	8,06%
	Armazenamento	5	4	5	3,67	8,06%
	Gestão de estoques	5	5	4	4,00	8,06%
	Abastecimento	5	5	4	5,00	8,06%
	PMC- Planejamento e Controle de Materiais	5	4	3	4,00	8,06%
	PPC - Planejamento e Controle da Produção	5	4	3	4,00	8,06%
	WIP- Working in Process	5	3	3	3,67	8,06%
	Processamento de pedidos	5	4	4	4,33	8,06%
	Transportes internos	4	4	4	3,00	6,45%

Atenção ao cliente	5	4	5	5,00	8,06%
Tecnologia da informação TI	5	4	4	4,00	8,06%
Totalização dos pesos para apuração do Índice da Logística Interna	62	52	49	54,33	100%

Fonte: Autores.

Verificou-se que, dependendo da empresa e do respectivo setor, as prioridades e o grau de importância podem estar sujeitos a mudanças e, portanto, afetar o índice de desempenho da logística interna. A pontuação máxima que cada empresa pode obter é de 65 pontos, que é o resultado da multiplicação das 13 partes componentes pelo valor máximo de cada item de acordo com a escala de Likert. Note-se, por exemplo, que a empresa 3 de menor pontuação, atribuiu nota intermediária para PCP e PCM, Movimentação, Picking/Packing / Embalagem e WIP enquanto a empresa 1 atribuiu notas orbitando entre 4 a 5, respectivamente, para esses mesmos itens, portanto, percebe-se que, dependendo do segmento e o tipo de produção, seja ela contínua ou discreta, o grau de importância pode mudar. Uma média aritmética das 3 empresas é oferecida na Tabela 3.

Observou-se que a partir da pontuação máxima possível de 65 pontos, a empresa 1 atingiu 62 pontos, seguido por 52 pontos pela empresa 2, em seguida, a empresa 3 com 49 pontos, e a média aritmética resultou em 54,33 pontos dos 65 pontos máximos possíveis. O peso ponderado definido para empresa 1 resultou nos seguintes resultados, onde por exemplo a parte componente recebimento recebeu um grau de importância de 4 baseado na Escala Likert de 1 a 5 e cujo peso atingiu 6,45% do total de 100% resultado este representado da equação $4 / 62$ ou seja, 4 foi o ponto atribuído pela empresa 1 de um total de 62, que será detalhada mais adiante pela equação matemática própria.

Avaliação do Índice de cada Propriedade de Logística Interna por Empresas

Com base na literatura investigada foi desenvolvido uma estrutura do modelo de diagnóstico das partes componentes da logística interna. A construção e os seus testes de validação foram desenvolvidos por um grupo de profissionais da região ligados a logística bem como por dirigentes de empresas atuantes do polo industrial de Manaus. Foram desenvolvidas 10 perguntas para avaliar cada propriedade das 13 partes componentes identificadas e validadas pelos responsáveis das áreas indicados pelas empresas, a pesquisa foi realizada em empresas de médio e grande porte dos segmentos eletroeletrônicos e duas rodas. Estas perguntas formativas para compor as partes componentes foram desenvolvidas com base na revisão da literatura, e alguns apontamentos feitos mediante observações de um grupo de especialistas em gestão de logística e gestores de consultoria e negócios. Foi desenvolvido um Tabulador para avaliar o desempenho de cada uma das partes componentes da logística interna, bem como o índice de avaliação do desempenho da logística interna de uma empresa.

O Tabulador foi baseado nas seguintes equações:

$$ILI = \sum_{i=1}^{13} [(Z_i/100) \cdot W_i] \quad (3)$$

Onde:

ILI = Índice Geral do desempenho da logística interna;

W_i = Peso atribuído a cada parte componente;

i = Cada uma das propriedades analisadas;

Z_i = Valor alcançado em % com base nas propriedades, resultado da soma de todos os valores atribuídos de cada parâmetro a partir da propriedade correspondente da escala de Likert de 1 a 5 e dividido pelo valor máximo para alcançar expresso em %:

$$Z_i = \sum_{j=1}^{10} [(P_{j.L_j}) / 50] \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

P_j = Cada um dos parâmetros que avaliam a propriedade (sempre assumirá o valor 1 na expressão acima)

L_j = Valor atribuído ao parâmetro na escala de Likert de 1 a 5.

Foi desenvolvido como apoio uma tabela escalar para orientação das empresas quanto ao Desempenho da Avaliação do índice da Logística Interna - ILI.

Quadro 4. Escala de Desempenho das Partes Componentes da Logística Interna

Escala de Desempenho	Característica – Status das Partes Componentes por parte das Empresas.
0 a 30 pontos	Fase inicial das atividades – apresentação incipiente, procedimentos e processos a serem desenvolvidos e implementados e pessoal a ser formado e capacitado.
31 a 60 pontos	Fase em desenvolvimento das atividades – apresenta fragilidades nas operações procedimentos e processos – requer treinamento de pessoal e acompanhamento constante das atividades e melhoria dos resultados.

61 a 90 pontos	Fase intermediária de desenvolvimento das atividades – já existe sistemática desenvolvida e apresenta resultados satisfatórios tanto dos procedimentos, processos e operações, contudo, melhorias contínuas devem ser implementadas sobre os pontos de fragilidades apontadas.
91 a 100 pontos	Fase superior de desenvolvimento das atividades – apresenta constância da aplicação dos procedimentos e atendimento aos processos estabelecidos e também pessoal qualificado para execução das atividades e obtenção dos resultados. O recomendado é atingir 100%, porém, 99% é aceitável.

Fonte: Autores.

Das 03 empresas mencionadas no item 4.3, que foram avaliadas quanto ao grau de importância das partes componentes em suas respectivas operações. Foi escolhida uma empresa a de número 1 e aplicado o modelo completo. Esta empresa após o preenchimento no guia Tabulador, atingiu uma pontuação em % de cada propriedade que foi multiplicado pelos pesos atribuídos no quadro de cada propriedade. Esta empresa alcançou um índice geral de 81,32% em Desempenho da Avaliação da Logística Interna - ILI, como é mostrado no Quadro 5.

Quadro 5. Índice Geral da Logística Interna de uma Empresa de N.01

Elementos que compõem a Logística Interna	Propriedade	Desempenho		
		Valor porcentual	Peso	Pontos
	Recebimento	50,00%	4	6,45%
	Movimentação	86,00%	4	6,45%
	Picking/Packing / Embalagem	70,00%	5	8,06%
	Armazenamento	86,00%	5	8,06%
	Gestão de estoques	94,00%	5	8,06%
	Abastecimento	96,00%	5	8,06%
	PMC- Planejamento e Controle de Materiais	70,00%	5	8,06%
	PPC - Planejamento e Controle da Produção	94,00%	5	8,06%
	WIP- Working in Process	96,00%	5	8,06%
	Processamento de pedidos	96,00%	5	8,06%
	Transportes internos	70,00%	4	6,45%
	Atenção ao cliente	84,00%	5	8,06%
	Tecnologia da informação TI	88,00%	5	8,06%
	Índice de Logística Interna	81,32		

Fonte: Autores

Esta empresa obteve 81,32 % de Avaliação de Desempenho do Índice da Logística Interna – ILI e demonstra conforme proposto na Escala de Desempenho das Partes Componentes, que encontra-se em fase intermediária de desenvolvimento das atividades, já existe uma sistemática desenvolvida e apresenta resultados satisfatórios tanto dos procedimentos, processos e operações, contudo, possui melhorias a serem feitas e nas Partes Componentes de maior fragilidades estão: Recebimento, Picking / Packing / Embalagem, Abastecimento e WIP- Working in Process, e as outras partes componentes atingiram de 82% até 96% somente para reforçar o resultado. Uma análise destas fragilidades precisa ser realizada pelos profissionais da área e medida de contenção e desenvolvimento a serem implementadas visando atingir 100% de desempenho.

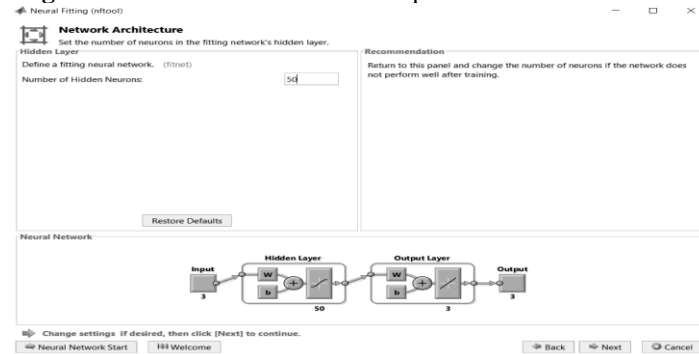
Aplicação da Abordagem das Redes Neurais para Avaliar o Índice de Desempenho da Logística Interna das 03 empresas pesquisadas no pólo industrial de Manaus – PIM

Um problema com o método aplicado na seção anterior é que a pessoa entrevistada ou o usuário do guia Tabulador tem de atribuir um peso a cada parte componente da logística interna baseado em sua própria experiência, o que influencia naturalmente o índice global de logística interna de uma empresa. Na tentativa de evitar a subjetividade na determinação dessa taxa, procurou-se a técnica de redes neurais artificiais para analisar a logística interna de uma empresa industrial. Foi utilizado o Índice de Logística Interna (ILI), avaliada entre 0 e 100%. Este índice foi calculado com base nos valores atribuídos a cada uma das propriedades da logística interna entre 0 e 50 de acordo com os parâmetros de avaliação de cada propriedade na escala de Likert de 1 a 5.

Foram selecionadas 03 empresas do Pólo Industrial de Manaus para o seu estudo e análise, todas elas pertencentes ao setor produtivo. A Rede Neural (RNA) tem então que determinar o Índice de logística interna dessas empresas. Os valores das propriedades dos componentes das 03 empresas estão apresentados no Quadro 6, os índices logísticos internos para as referidas empresas (coleta selecionada), serviram de base para de treinar

a ANN apresentada nos Quadros 6 e 7. Na figura 4 é mostrada a Arquitetura da RNA implementada em MATLAB. A fim de obter resultados viáveis, a rede foi treinada cinco vezes. Nas Figuras 5 e 6 se mostram os detalhes do processo de treinamento.

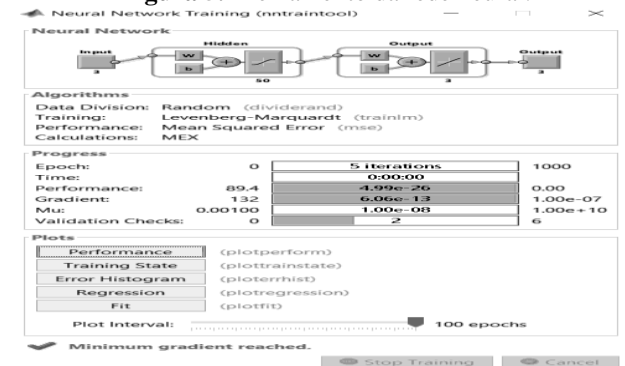
Figura 4. Rede Neural Artificial - Implementado em MATLAB.



Fonte: Autores (de MATLAB).

Na Figura 4 são evidenciados a entrada dos dados de três empresas cada uma delas 13 partes e cada parte componente com possibilidades de atingirem 50 pontos cada uma das partes e a saída destes resultados.

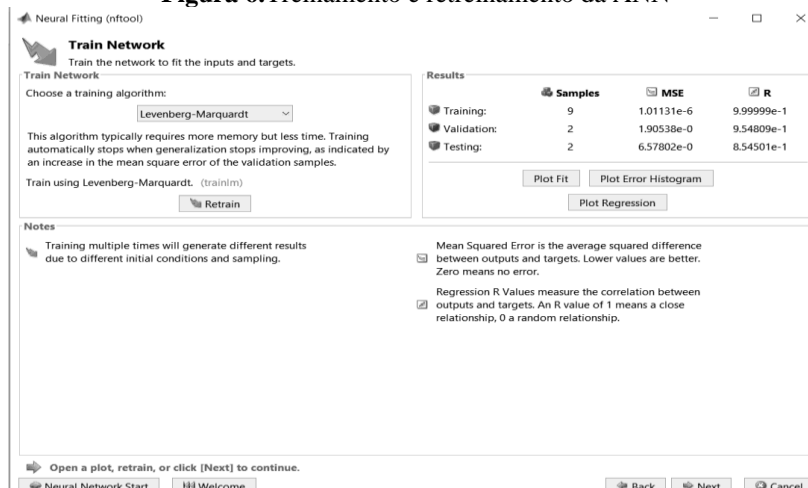
Figura 5. Treinamento da rede neural.



Fonte: Autores (de MATLAB).

Na Figura 5 são evidenciados os treinamentos implementados das três empresas contendo as 13 partes componentes e cada parte componente com possibilidades de atingirem 50 pontos cada uma das partes. Como resultado da performance atingindo 89,4% contra 81,32% do Tabulador. E na Figura 6 é mostrado tanto o treinamento como retreinamento com variação de 5 a 9 interações.

Figura 6. Treinamento e retreinamento da ANN



Fonte: Autores (de MATLAB).

Quadro 6. Obtenção dos valores das Propriedades diferentes que compõem o Índice de logística interna de uma empresa e resultados para as 03 empresas avaliadas.

Propriedade – Empresa e Desempenho	E 1	E 2	E 3
Recebimento	50	70	70
Movimentação	86	56	56
Picking/Packing / Embalagem	70	52	52
Armazenamento	86	56	48
Gestão de estoques	94	58	58
Abastecimento	96	54	54
PMC- Planejamento e Controle de Materiais	70	94	94
PPC - Planejamento e Controle da Produção	94	64	64
WIP- Working in Process	96	50	50
Processamento de pedidos	70	54	54
Transportes internos	92	54	52
Atenção ao cliente	84	58	56
Tecnologia da informação TI	88	80	72

Fonte: Os Autores.

Quadro 7. Possíveis Índices da Logística Interna (ILI) para cada empresa (alvos) para o treinamento da ANN.

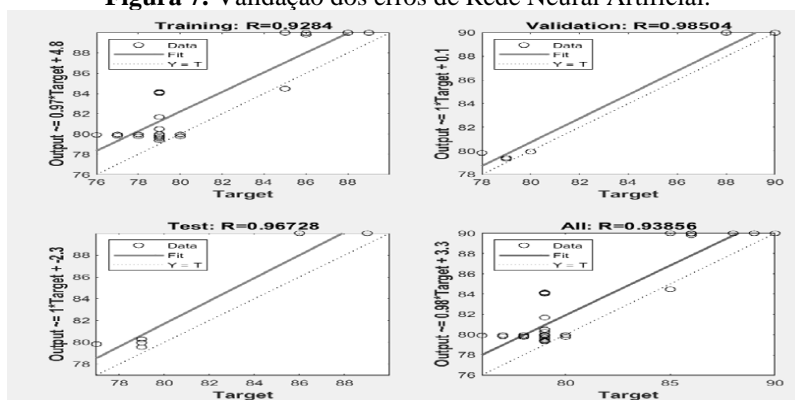
ILI	E1	E2	E3
	78,88	60,94	58,37

Fonte: Autores.

Onde:

ILI: Índice da Logística Interna.

Figura 7. Validação dos erros de Rede Neural Artificial.



Fonte: Autores (de MATLAB).

O parâmetro R atinge valores pertos a 1, tanto para o treinamento como para a validação, o que confirma a validez e precisão do procedimento desenvolvidos.

IV. Resultados

Resultados dos Índices da Logística Interna das Empresas Estudadas

A RNA habilitada em MATLAB com os dados dos valores das 13 Propriedades da Logística Interna das 03 empresas pesquisadas, foram processadas. Os valores das avaliações dos Índices do Desempenho da Logística Interna, estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 8. Obtenção dos valores dos índices de Desempenho da Logística Interna e dos erros desses valores nas 03 empresas pesquisadas.

Empresa	1	2	3
ILI	81,32	62,19	60,42
Erro em%	-3,01	-2,01	-3,40

Fonte: Autores (de MATLAB).

V. Conclusão

Este estudo apresentou duas abordagens distintas para a avaliação do desempenho da logística interna em empresas do Polo Industrial de Manaus. A primeira abordagem, baseada na divisão da logística interna em 13 partes componentes avaliadas através de uma escala Likert, proporcionou uma análise detalhada, porém sujeita à subjetividade das atribuições de peso feitas pelos participantes. A segunda abordagem, utilizando Redes Neurais Artificiais (RNA), demonstrou-se uma ferramenta poderosa ao eliminar a subjetividade e ao fornecer um método robusto para a análise de desempenho.

Os resultados obtidos com ambas as abordagens foram bastante consistentes, validando a eficácia do uso de RNAs na avaliação do índice de desempenho da logística interna. A principal vantagem do método baseado em RNA é a sua capacidade de ajustar e aprender com os dados, proporcionando uma análise mais precisa e adaptável às variações nos processos logísticos.

No entanto, algumas limitações foram identificadas, especialmente no que se refere à coleta de dados e ao acesso às empresas, o que poderá ser mitigado em estudos futuros com a ampliação do escopo da pesquisa para incluir um maior número de empresas e segmentos. Além disso, a aplicação de Modelagem de Equações Estruturais (SEM) surge como uma perspectiva promissora para aprofundar a análise das relações entre variáveis logísticas e de desempenho.

A Modelagem de Equações Estruturais ou SEM (Structural Equation Modeling) trata-se de um conjunto de técnicas e procedimentos que abordam uma extensão de outras técnicas multivariadas, avaliando relações simultâneas, ou seja, relações de dependência e independência entre uma ou mais variáveis. Pode avaliar relações diretas entre variáveis e também relações indiretas que podem ocorrer através de variáveis intermediárias (mediadoras). o SEM pode lidar com erros de medida ao modelar variáveis latentes (conceitos não observáveis diretamente) e suas relações com variáveis observáveis.

Em conclusão, a utilização das Redes Neurais Artificiais se mostrou uma abordagem promissora e inovadora, com potencial significativo para otimizar a eficiência logística nas empresas. Futuros estudos poderão explorar a integração de RNAs com outras técnicas analíticas avançadas para criar sistemas de avaliação de desempenho ainda mais abrangentes e eficazes.

Referências

- [1]. Ajol, Tracy Adeline Et Al. An Enhanced Storage Location Assignment Policy By Minimizing Handling Cost For Warehouse Xyz. In: Computer, Communications, And Control Technology (I4ct), 2015 International Conference On. Ieee, 2015. P. 408-412.
- [2]. Bowersox, Donald J.; Closs, David J. Logística Empresarial: O Processo De Integração Da Cadeia De Suprimento. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.
- [3]. Boysen, Nils Et Al. Part Logistics In The Automotive Industry: Decision Problems, Literature Review And Research Agenda. European Journal Of Operational Research, V. 242, N. 1, P. 107-120, 2015.
- [4]. Christopher, Martin. Logistics And Supply Chain Management: Creating Value-Added Networks. Pearson Education, 2005.
- [5]. Christopher, Martin; Towill, Denis. An Integrated Model For The Design Of Agile Supply Chains. International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, V. 31, N. 4, P. 235-246, 2001.
- [6]. Conceição, Samuel V.; Quintão, Ronan T. Avaliação Do Desempenho Logístico Da Cadeia Brasileira De Suprimentos De Refrigerantes. Belo Horizonte: Ufmg, 2004.
- [7]. Ding, Li Qun Et Al. Research On Production Of Dominant Cluster Supply Chain Logistics Capability Based The Ld-Ced Model. In: Applied Mechanics And Materials. 2014. P. 3099-3102.
- [8]. Dotoli, Mariagrazia Et Al. An Integrated Technique For The Internal Logistics Analysis And Management In Discrete Manufacturing Systems. International Journal Of Computer Integrated Manufacturing, V. 27, N. 2, P. 165-180, 2014.
- [9]. Fawcett, Stanley E.; Cooper, M. Bixby. Logistics Performance Measurement And Customer Success. Industrial Marketing Management, V. 27, N. 4, P. 341-357, 1998.
- [10]. Finnsgard, Christian. Assembly Processes And Materials Supply Systems Design. 2009.
- [11]. Fritsch, Jürgen. Modular Neural Networks For Speech Recognition. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Dept Of Computer Science, 1996.
- [12]. Goyal, Amit; Walia, Gurleen Kaur; Kaur, Simranjeet. Implementation Of Back Propagation Algorithm Using Matlab. International Journal Of Information Technology, V. 5, N. 2, P. 429-431, 2012.
- [13]. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. Mit Press.
- [14]. Granlund, Anna; Wiktorsson, Magnus. Automation In Healthcare Internal Logistics: A Case Study On Practice And Potential. International Journal Of Innovation And Technology Management, V. 10, N. 03, P. 1340012, 2013.
- [15]. Harrison, Alan; Van Hoek, Remko I. Logistics Management And Strategy: Competing Through The Supply Chain. Pearson Education, 2008.
- [16]. Hart, Martin; Taraba, Pavel; Tomastik, Marek. Drawing Of Layout Documentation As The Basis Of Logistics Management System Of A Company Literature Review, New Methodics, Case Study. In: Advanced Logistics And Transport (Icalt), 2014 International Conference On. Ieee, 2014. P. 356-361.
- [17]. Haykin, Simon; Network, Neural. A Comprehensive Foundation. Neural Networks, V. 2, N. 2004, 2004.
- [18]. Henry, Brandon; Clark, Philip; Sudan, Ranjan. Cost And Logistics Of Implementing A Tissue-Based American College Of Surgeons/Association Of Program Directors In Surgery Surgical Skills Curriculum For General Surgery Residents Of All Clinical Years. The American Journal Of Surgery, V. 207, N. 2, P. 201-208, 2014.
- [19]. He, K. (2022). Artificial Neural Networks In Logistics. Journal Of Industrial Engineering.
- [20]. Hinton, G. (2018). A Guide To Neural Networks. Stanford University Press.
- [21]. Hou, Hanping Et Al. Physical Distribution, Logistics, Supply Chain Management, And The Material Flow Theory: A Historical Perspective. Information Technology And Management, P. 1-11, 2015.
- [22]. Isasi, Pedro; Galván, Inés. Redes Neuronales Artificiales–Un Enfoque Práctico. 2004.

- [23]. Jatirder, Ndg; Randall, S. S. Comparing Backpropagation With A Genetic Algorithm For Neural Network Training [J]. The International Journal Of Management Science, V. 27, P. 679-684, 1999.
- [24]. Jonsson, Patrik. Logistics And Supply Chain Management. New York, 2008.
- [25]. Kim, S., & Kang, J. (2020). Predictive Maintenance Using Neural Networks. Journal Of Manufacturing Science.
- [27]. Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2019). Deep Learning. Nature.
- [28]. Lima, Orlem Pinheiro De: Modelo Para Avaliar O Desempenho Da Logística Interna: Tese Doutorado – Universidade Federal De Santa Catarina. 243p, Sc – 2017.
- [29]. Li, F., Chen, Y., & Wang, J. (2022). Route Optimization Using Neural Networks. Journal Of Logistics Management.
- [31]. Mathisson-Ojmertz, Birgitta; Johansson, Mats I. Influences Of Process Location On Materials Handling: Cases From The Automotive Industry. International Journal Of Logistics, V. 3, N. 1, P. 25-39, 2000.
- [32]. Mentzer, J. T. Et Al. Defining Supply Chain Management, Journal Of Business Logistics, V. 22, N. 2, P. 1-25, 2001.
- [33]. Moura, R. A. Sistemas E Técnicas Do Movimentação: Armazenagem De Materiais. São Paulo: Ed. Imam, 1998.
- [34]. Öjmertz, Birgitta. Materials Handling From A Value-Adding Perspective. Chalmers University Of Technology, 1998.
- [35]. Öjmertz, Birgitta; Johansson, Mats I. Materials Handling Analysis In Supply Chain Reengineering. In: Proceedings Of The 3rd International Symposium On Logistics~ Enhancing Competitiveness Through Logistics Capabilities. (Eds. M. Muffatto And Pawar, Ks), Padua. 1997.
- [36]. Papachristos, George; Admides, Emmanuel D. Internal Supply-Chain Competition In Remanufacturing: Operations Strategies, Performance And Environmental Effects. International Journal Of Logistics Systems And Management, V. 19, N. 2, P. 187-211, 2014.
- [37]. Pinheiro De Lima, Orlem Et Al. Una Nueva Definición De La Logística Interna Y Forma De Evaluar La Misma. Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería, V. 25, N. 2, P. 264-276, 2017.
- [38]. Rojas, Raúl. Neural Networks: A Systematic Introduction. Springer Science & Business Media, 2013.
- [39]. Rumelhart, David E.; Hinton, Geoffrey E.; Williams, Ronald J. Learning Internal Representations By Error Propagation. California Univ San Diego La Jolla Inst For Cognitive Science, 1985.
- [40]. Stock, G.N.; Greis, Np.; Kasarda, J.D; Logistics, Strategy And Structure: A Conceptual Framework. International Journal Of Operations & Production Management, 1998. V.18, N.1, P. 37-52.
- [41]. Tan, Keah Choon. A Framework Of Supply Chain Management Literature. European Journal Of Purchasing & Supply Management, V. 7, N. 1, P. 39-48, 2001.
- [42]. Tangen, Stefan. Evaluation And Revision Of Performance Measurement Systems. 2004.
- [43]. Trippi, Robert R.; Turban, Efraim. Neural Networks In Finance And Investing: Using Artificial Intelligence To Improve Real World Performance. Mcgraw-Hill, Inc., 1992.
- [44]. Waller, Matthew A.; Fawcett, Stanley E. Click Here To Print A Maker Movement Supply Chain: How Invention And Entrepreneurship Will Disrupt Supply Chain Design. Journal Of Business Logistics, V. 35, N. 2, P. 99-102, 2014.
- [45]. Wang, H., & Zhao, L. (2021). Demand Forecasting With Neural Networks. International Journal Of Logistics Research.
- [46]. Xu, X., & Sun, T. (2023). Inventory Management With Neural Networks. Journal Of Operations Management.
- [47]. Yao, Xin. Evolving Artificial Neural Networks. Proceedings Of The Ieee, V. 87, N. 9, P. 1423-1447, 1999.
- [48]. Zhang, Y., Li, X., & Feng, W. (2023). Neural Networks For Inventory Optimization. Manufacturing Engineering.